

## Beschreibung

Verfahren zur Synchronisation eines in Funkzellen aufgeteilten Funkkommunikationssystems

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation eines in Funkzellen aufgeteilten Funkkommunikationssystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10 Bei einem zellularen Funkkommunikationssystem werden aufgrund einer notwendigen Mehrfachnutzung von Trägerfrequenzen in benachbarten Funkzellen Gleichkanalstörungen als sogenannte "Cochannel-Interference" verursacht. Um diese Interferenzen zu reduzieren, werden die zur Verfügung stehenden Trägerfrequenzen einzelnen Trägerfrequenz-Teilressourcen zugeordnet.

15 Jede Trägerfrequenz-Teilressource wird dann mit Hilfe einer sogenannten "Frequency-Reuse"-Planung jeweils einer Funkzelle derart fest zugeordnet, dass in den Funkzellen unter Berücksichtigung von minimalen räumlichen Abständen der Funkzellen lediglich minimale Gleichkanalstörungen verursacht werden.

20 Diese feste Zuordnung von Trägerfrequenzen, bzw. deren Übertragungsressourcen, ist insbesondere dann von Nachteil, wenn innerhalb benachbarter Funkzellen eine inhomogen verteilte Teilnehmeranzahl auftritt. Eine betrachtete Basisstation einer der Funkzellen, die eine erhöhte Teilnehmeranzahl zu versorgen hat, weist dann einen erhöhten Bedarf an Übertragungsressourcen auf. Entsteht dann ein Mangel an Übertragungsressourcen, so werden in der betrachteten Funkzelle Teilnehmer, 25 die eine neue Datenübertragung anfordern, abgewiesen.

30 Entsprechend entstehen bei einer erhöhten Teilnehmeranzahl erhöhte Gleichkanalstörungen innerhalb des Funkkommunikati-

2

onssystems, die aufgrund der "Frequency-Reuse"-Planung mit einem festgelegten Frequenzwiederholungsfaktor ("Frequency-Reuse-Factor") nur begrenzt beeinflussbar sind.

5 Eine Erhöhung von Übertragungsressourcen, die beispielsweise bei Großveranstaltungen durch nachträgliches Einbringen weiterer Basisstationen durchgeführt wird, ist mit einfachen Mitteln aufgrund der Zunahme an Gleichkanalstörungen nicht ohne weiteres möglich. Gegebenenfalls muss die aufwändige  
10 "Frequency-Reuse"-Planung erneut durchgeführt werden.

Speziell für zellular aufgebaute Mobilfunknetze zukünftiger Generationen ist eine Verwendung von sogenannten "Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing", kurz "OFDM", Übertragungstechniken von großer Bedeutung. Derartige OFDM-Mobilfunknetze fordern beispielsweise für eine Videoübertragung hohe Datenraten, die mit Hilfe von OFDM-Übertragungstechniken kosteneffizient übertragbar sind. Dabei werden zur Übertragung eines Teilnehmer-Datenstroms mehrere sogenannte Subträgerfrequenzen parallel zueinander gleichzeitig verwendet. Ein bandbreiter Übertragungskanal wird durch mehrere Funkübertragungskanäle mit einer im allgemeinen gleichen Bandbreite realisiert. Ein derartiges OFDM-Mobilfunknetz ist wiederum abhängig von einer durchzuführenden "Frequency-Reuse"-Planung im Bezug auf  
20 Gleichkanalstörungen auszubilden.

Der bandbreite Funkübertragungskanal ist "time-dispersive" und unterliegt einem frequenzselektivem Fading, so dass empfangsseitig typischerweise eine komplexe Entzerrung erforderlich ist. Bei einer OFDM-Übertragung wird der Funkübertragungskanal in eine Vielzahl schmälerer Subkanäle unterteilt, so dass auf jedem der Subkanäle ein "flat-fading" anstelle eines frequenzselektiven Fadings erfahren wird, wodurch eine sehr einfache, typischerweise eine "single-tap"-Entzerrung  
30 ermöglicht wird.

Im einfachsten Fall wird jedem dieser Funkübertragungskanäle jeweils ein gleiches Modulationsschema und damit eine gleiche Übertragungsbitrate zugeordnet. Dabei werden die zugeordneten Übertragungsbitraten in Abhängigkeit von Störungen der jewei-  
5 ligen Funkübertragungskanäle festgelegt. Bei Funkübertra-  
gungskanälen mit geringen Störungen wird ein höherstufiges  
Modulationsverfahren verwendet, als in Funkübertragungskanä-  
len, die höhere Störungen aufweisen. Dadurch kann für jeden  
Funkübertragungskanal eine Übertragung mit einer geforderten  
10 Dienstgüte, beispielsweise unter Berücksichtigung einer Feh-  
lerrate, durchgeführt werden. Ein derartiges OFDM-Mehr-  
trägerverfahren ist im Falle einer drahtgebundenen Übertra-  
gung im Basisband auch unter der Bezeichnung "discrete multi-  
tone transmission", kurz "DMT", bekannt.

15

In FIG 3 wird stellvertretend für alle Mobilfunksysteme ein zelluläres OFDM-Funkkommunikationssystem gemäß dem Stand der Technik gezeigt. Drei benachbarte Funkzellen FZ1 bis FZ3 weisen jeweils eine zugeordnete Basisstation BTS01 bis BTS03 auf. Jede einzelne der Basisstationen BTS01 bis BTS03 versorgt eine Anzahl von der jeweiligen Funkzelle FZ1 bis FZ3 zugeordneten Mobilstationen T01 bis T012. Dabei sind anhand einer Frequency-Reuse-Planung einer ersten Basisstation BTS01 einer ersten Funkzelle FZ1 insgesamt vier Trägerfrequenzen f9  
20 bis f12, einer zweiten Basisstation BTS02 einer zweiten Funk-  
zelle FZ2 insgesamt vier Trägerfrequenzen f1 bis f4 und einer  
dritten Basisstation BTS03 einer dritten Funkzelle FZ3 insge-  
25 samt vier Trägerfrequenzen f5 bis f8 exklusiv zur Datenüber-  
tragung zugeordnet.

30

Jede der Trägerfrequenzen f1 bis f12 weist in einer als "Downlink" DL bezeichneten Verbindungsrichtung von der Basis-  
station zur Mobilstation als Übertragungsressourcen sieben

Zeitschlitte TS1 bis TS7 auf, während jede der Trägerfrequenzen f1 bis f12 in einer als "Uplink" UL bezeichneten Verbindungsrichtung von der Mobilstation zur Basisstation als Übertragungsressourcen fünf Zeitschlitte TS1 bis TS5 aufweist.

5 Freie ungenutzte Zeitschlitte sind beispielhaft den Trägerfrequenzen f2, f7 und f11 zugeordnet und sind mit dem Buchstaben "F" bezeichnet.

In FIG 4 wird in einer Übersicht eine dem Stand der Technik 10 entsprechende Synchronisationssituation der in FIG 3 dargestellten Funkzellen FZ1 bis FZ3 gezeigt.

Die einzelnen Basisstationen BTS01 bis BTS03 sind untereinander weder frequenz- noch zeitsynchronisiert. Vertikal ist für 15 jede einzelne der Basisstationen BTS01 bis BTS03 jeweils eine basisstationsspezifische Trägerfrequenzabweichung Delta01 bis Delta03 aufgetragen. Diese Trägerfrequenzabweichung Delta01 bis Delta03 wird bei jeder einzelnen der Basisstationen BTS01 bis BTS03 von elektrischen Komponenten der jeweiligen Basisstation, beispielsweise basisstationsspezifischen Lokaloszillatoren, verursacht. Da die Mobilstationen T01 bis T012 auf 20 die jeweilige zuordenbare Basisstation BTS01 bis BTS03 synchronisiert werden, weisen die Basisstation BTS01 bis BTS03 und die entsprechend zugeordneten Mobilstationen T01 bis T012 untereinander auch die jeweilige Trägerfrequenzabweichungen 25 Delta01 bis Delta03 auf.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein zelluläres Funkkommunikationssystem, insbesondere ein OFDM-Funkübertragungssystem, derart zu realisieren, dass unter Beachtung 30 minimaler Gleichkanalstörungen Teilnehmer sowohl bei einem hohen als auch bei einem niedrigen Verkehrsaufkommen unter

optimaler Nutzung von Funkübertragungsressourcen funkversorgt werden.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Patent-  
5 anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß wird seitens einer Basisstation eine Anzahl an aktiven Mobilstationen festgestellt und mit mindestens ei-  
10 nem vorgegebenen Schwellwert verglichen. Abhängig vom Schwellwert bzw. von den Schwellwerten wird ein erstes oder ein zweites Synchronisationsverfahren ausgewählt bzw. verwendet.

15 Im folgenden wird stellvertretend und beispielhaft von einem vorgegebenen Schwellwert ausgegangen.

Bei einer niedrigen Anzahl an aktiven Mobilstationen, d.h. bei einem Unterschreiten des vorgegebenen Schwellwerts, wird  
20 ein erstes Synchronisationsverfahren verwendet, das entspre- chend einem dem Funkkommunikationssystem zugeordneten Über- tragungsstandard ausgebildet ist. Beispielsweise erfolgt bei einem UMTS-Funkkommunikationssystem eine Synchronisation von Basis- und Mobilstationen anhand des zugeordneten UMTS-  
25 Standards.

Bei einer hohen Anzahl an aktiven Mobilstationen, d.h. bei einem Überschreiten des vorgegebenen Schwellwerts, wird ein nachfolgend beschriebenes zweites Synchronisationsverfahren  
30 verwendet.

Beim ersten Synchronisationsverfahren wird von einer im Ver- gleich zum zweiten Synchronisationsverfahren geringeren An-

zahl an aktiven Mobilstationen ausgegangen, so dass in diesem Fall für eine Übertragung von Synchronisationsinformationen ausreichende Übertragungskapazitäten vorhanden sind.

5 Durch Verwendung des ersten Synchronisationsverfahren bei einer geringen Anzahl an aktiven Mobilstationen wird eine erforderliche Genauigkeit der Synchronisation gewährleistet.

Durch das zweite Synchronisationsverfahren wird mit einfachen  
10 Mitteln eine Zeit- und eine Frequenzsynchronisation beim zellularen Funkkommunikationssystem realisiert. Da das zweite Synchronisationsverfahren auf eine Übertragung von zusätzlich  
Signalisierungsinformationen zur Synchronisation verzichtet, die bislang zwischen Basisstation und Mobilstation  
15 auf einer höheren Protokollsicht ausgetauscht werden müssen, bleiben Funkübertragungsressourcen frei, die zur Durchführung von Nutzdatenübertragungen zur Verfügung stehen.

Beim zweiten Synchronisationsverfahren wird besonders vor-  
20 teilhaft ermöglicht, dass insbesondere benachbarte Basisstation Funkübertragungsressourcen eines Vorrats verwenden, der den Basisstationen zur Datenübertragung gemeinsam zugeordnet ist. Dadurch wird ein besonders effektives Radio-Ressource-Management ermöglicht. Es wird eine dynamische Nutzung ver-  
25 fügbarer Funkübertragungsressourcen in den einzelnen Funkzel-  
len eingeführt bzw. realisiert.

Beim zweiten Synchronisationsverfahren werden entsprechend einer momentanen Verkehrslast verfügbare Funkübertragungsres-  
30 sourcen jeweils optimal zugeordnet, wobei besonders vorteil-  
haft ungleichmäßig verteilte Teilnehmerbelegungen ausgegli-  
chen werden.

Beim zweiten Synchronisationsverfahren erfolgt die Zuteilung von Funkübertagungsressourcen in einer bevorzugten Ausführungsform unter Berücksichtigung einer Interferenzsituation bei einer auszuwählenden Funkübertragungsressource. Dadurch

5 wird ermöglicht, dass beispielsweise zwei benachbarte Basisstationen, von denen jede einzelne jeweils eine ihr zugeordnete Mobilstation funkversorgt, gleichzeitig einen Zeitschlitz einer Trägerfrequenz als Funkübertragungsressource für die Funkversorgung der Mobilstationen gemeinsam verwenden,

10 sofern die Interferenzsituation im ausgewählten Zeitschlitz dies erlaubt.

Die Funkübertragungsressourcen sind beispielsweise durch Zeitschlüsse von gemeinsam zugeordneten Trägerfrequenzen

15 festgelegt.

Durch das zweite Synchronisationsverfahren, das selbstständig und lediglich durch empfangsseitige Signalverarbeitung und Nachregelung eines Synchronisationszustands der Basisstationen bzw. der Mobilstationen durchgeführt wird, erfolgt eine dynamische Nutzung verfügbarer Funkübertragungsressourcen in den einzelnen Funkzellen. Entsprechend einer momentanen Verkehrslast werden verfügbare Funkübertragungsressourcen stets optimal zugeordnet. Besonders vorteilhaft werden dabei ungleichmäßig verteilte Teilnehmerbelegungen in den benachbarten Funkzellen ausgeglichen.

Das zweite Synchronisationsverfahren ermöglicht eine Anwendung von Interferenzunterdrückungsverfahren seitens der Basisstation und/oder seitens der Mobilstation, da Interferenzunterdrückungsverfahren insbesondere für zueinander synchrone Nutz- und Störsignale optimiert sind.

Das zweite Synchronisationsverfahren ermöglicht beispielsweise bei Großveranstaltungen auf einfache Weise ein nachträgliches Hinzufügen weiterer Basisstationen, bzw. eine damit einhergehende Änderung der Funkzellenanzahl.

5

Sowohl beim ersten als auch beim zweiten Synchronisationsverfahren wählt die hinzugefügte Basisstation Funkübertragungsressourcen dynamisch derart aus, dass Gleichkanalinterferenzen zu benachbarten Funkzellen bzw. zu den den Funkzellen jeweils zugeordneten Mobilstationen minimiert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird besonders vorteilhaft bei einem OFDM-Funkkommunikationssystem verwendet, das besonders bevorzugt für Dienste mit hohen Datenraten eingesetzt wird.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren schließt die auf mehreren Schwellwerten basierende Auswahl bzw. Verwendung des Synchronisationsverfahrens mit ein. Beispielsweise wird durch zwei Schwellwerte ein Schwellwertbereich festgelegt, wodurch eine 20 "sanfte" Auswahl bzw. umschalten zwischen den Synchronisationsverfahren realisierbar ist.

25

Mit Hilfe eines entsprechend gestalteten Schwellwertbereichs wird beispielsweise eine Verwendung einer gegebenenfalls zeitabhängig ausgeführten Hysterese-Funktion bei der Auswahl des Synchronisationsverfahrens ermöglicht.

30

Besonders vorteilhaft wird der Einfluss von zeitweise schlecht empfangbaren Mobilstationen auf die Auswahl des Synchronisationsverfahrens reduziert.

Im Folgenden wird das zweite Synchronisationsverfahren anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

5 FIG 1 ein OFDM-Funkkommunikationssystem mit erfindungsgemäßer zweiter Synchronisation,

FIG 2 eine seitens einer Basisstation der FIG1 durchgeführte erfindungsgemäße zweite Synchronisation,

FIG 3 das in der Beschreibungseinleitung stellvertretend beschriebene zellulare OFDM-Funkkommunikationssystem gemäß dem Stand der Technik, und

10 FIG 4 die in der Beschreibungseinleitung beschriebene und dem Stand der Technik entsprechende Synchronisationssituation.

15

FIG 1 zeigt stellvertretend für weitere Mobilfunksysteme ein OFDM-Funkkommunikationssystem mit erfindungsgemäßer zweiter Synchronisation.

20 Drei benachbarte Funkzellen FZ1 bis FZ3 weisen jeweils eine zugeordnete Basisstation BTS1 bis BTS3 auf. Jede einzelne der Basisstationen BTS1 bis BTS3 versorgt eine Anzahl von der jeweiligen Funkzelle FZ1 bis FZ3 zugeordneten Mobilstationen T11 bis T33. Dabei sind einer ersten Basisstation BTS1 zur

25 Funkversorgung insgesamt vier Mobilstationen T11 bis T14 zugeteilt, während einer zweiten Basisstation BTS2 zur Funkversorgung insgesamt fünf Mobilstationen T21 bis T25 zugeteilt sind. Einer dritten Basisstation BTS3 sind zur Funkversorgung insgesamt drei Mobilstationen T31 bis T33 zugeteilt.

30

Alle drei Basisstationen BTS1 bis BTS3 verwenden zur Übertragung von Teilnehmerdaten gleichberechtigt eine gemeinsame Trägerfrequenzressource, die insgesamt zwölf Trägerfrequenzen

10

f1 bis f12 aufweist. Jede der Trägerfrequenzen f1 bis f12 weist in einer als "Downlink" DL bezeichneten Verbindungsrichtung von der Basisstation zur Mobilstation als Übertragungsressourcen sieben Zeitschlitte TS1 bis TS7 auf, während 5 jede der Trägerfrequenzen f1 bis f12 in einer als "Uplink" UL bezeichneten Verbindungsrichtung von der Mobilstation zur Basisstation als Übertragungsressourcen fünf Zeitschlitte TS1 bis TS5 aufweist. Freie, ungenutzte Zeitschlitte, die bei- 10 spielhaft für die Trägerfrequenzen f2, f8 und f12 gezeigt sind, werden mit dem Buchstaben "F" bezeichnet.

Vergleichend zu FIG 3 ist hier durch die erfindungsgemäße zweite Synchronisation die ausschließliche Zuordnung von Trägerfrequenzen f1 bis f12 zu Basisstationen bzw. zu Funkzellen 15 aufgehoben.

Stellvertretend für die zweite und die dritte Funkzelle FZ2 und FZ3 wird anhand der ersten Funkzelle FZ1 das erfindungsgemäße zweite Synchronisationsverfahren nachfolgend näher er- 20 läutert. Dabei ist hier unter "Synchronisation" sowohl eine zeitliche Synchronisation der Zeitschlitte der Trägerfrequenzen als auch eine Frequenzsynchronisation der Trägerfrequenzen zu verstehen.

25 Die erste Basisstation BTS1 der ersten Funkzelle FZ1 empfängt im Uplink UL neben Signalen der ihr zugeordneten Mobilstationen T11 bis T14 noch zusätzlich Signale von Mobilstationen der benachbarten Funkzellen FZ2 und FZ3. Dieser Empfang erfolgt ohne zusätzliches Überwachen von anderen Frequenzbändern 30 automatisch.

Beispielsweise empfängt die erste Basisstation BTS1 im Uplink noch Signale der Mobilstationen T21 und T22 der zweiten Funk-

11

zelle FZ2 und Signale der Mobilstationen T31 und T32 der dritten Funkzelle FZ3. Die erste Basisstation BTS1 bestimmt basierend auf den empfangenen Mobilstationssignalen der benachbarten Funkzellen FZ2 und FZ3 eine erste Zeitabweichung 5 und eine erste Frequenzabweichung und leitet aus diesen Werten einen geeigneten Zeitsynchronisationswert und einen Frequenzsynchronisationswert ab, auf den sich die erste Basisstation BTS1 letztendlich aufsynchronisiert. Dies wird beispielhaft in der nachfolgenden FIG 2 erläutert.

10

Stellvertretend für alle Mobilstationen betrachtet, empfängt in einem Downlink DL eine dritte Mobilstation T13 der ersten Funkzelle FZ1 neben Signalen der Basisstation BTS1 der eigenen Funkzelle FZ1 auch Signale der benachbarten Basisstationen 15 BTS2 und BTS3 der Funkzellen FZ2 und FZ3. Die dritte Mobilstation T13 bestimmt nun basierend auf den empfangenen Basisstationssignalen eine zweite Zeitabweichung und eine zweite Frequenzabweichung und leitet aus diesen Werten einen geeigneten Zeitsynchronisationswert und einen Frequenzsynchronisationswert ab, auf den sich die Mobilstation T13 letztendlich 20 aufsynchronisiert.

Das erfindungsgemäße zweite Synchronisationsverfahren wird beispielsweise rahmenweise wiederholt, wodurch sich im zeitlichen Mittel eine genaue, selbstorganisierte Zeit- und Frequenzsynchronisation ergibt.

Durch das zweite Synchronisationsverfahren wird besonders vorteilhaft ein besonders flexibel und adaptiv realisiertes 30 Radio-Ressource-Management realisiert, da alle Basisstationen auf einen gemeinsamen Vorrat an Funkübertragungsressourcen zugreifen können. Dabei erfolgt beispielsweise eine Trägerfrequenzauswahl unter Berücksichtigung minimaler Gleichfre-

12

quenzstörungen. Eine Zuteilung von Übertragungsressourcen an Mobilstationen wird ausschließlich durch die der jeweiligen Mobilstation jeweils zugeordneten Basisstation durchgeführt.

- 5 Durch die aufgehobene ausschließliche Zuordnung von Trägerfrequenzen zu Basisstationen bzw. zu Funkzellen wird ermöglicht, dass beispielsweise die Basisstation BTS1 zur Funkversorgung der Mobilstation T14 und die Basisstation BTS3 zur Funkversorgung der Mobilstation T32 den Zeitschlitz TS5 der
- 10 Trägerfrequenz f5 gleichzeitig verwenden, wenn die Interferenzsituation im Zeitschlitz TS5 dies erlaubt. Diese Interferenzsituation wird beispielsweise beeinflusst durch sektorisierte Empfangs- und/oder Sendeantennen an den Basisstationen oder durch Ausbreitungscharakteristiken der Funksignale oder
- 15 durch den räumlichen Abstand zwischen den Teilnehmern, usw.

Bei einer Sektorisierung weist eine Basisstation zum Senden und/oder zum Empfangen von Funksignalen beispielsweise drei Antennenanordnungen auf, von denen jede einzelne einen Sektor

- 20 mit einem Öffnungswinkel von 120° funkversorgt. Dadurch wird eine räumliche Trennung bzw. Unterscheidung von Funksignalen erzielt und je nach Wahl des Öffnungswinkels des Sektors einen Verbesserung einer Interferenzsituation erreicht.

- 25 Für den Fall einer inhomogenen Funkzellenauslastung kann jede der drei Basisstationen je nach Bedarf auf Übertragungsressourcen der Trägerfrequenzen ganz oder nur teilweise zugreifen, wodurch Engpässe in den einzelnen Funkzellen bei einer gleichzeitig vorherrschenden Überkapazität in einzelnen Funkzellen vermieden werden.
- 30

13

Das erfindungsgemäße zweite Synchronisationsverfahren wird selbständig durchgeführt und benötigt weder eine aufwändige Signalisierung noch eine aufwändige GPS-Zeitsynchronisation.

5 FIG 2 zeigt bezogen auf FIG 1 eine seitens der Basisstation BTS1 durchgeführtes zweites Synchronisationsverfahren.

Vertikal ist für jede einzelne der Mobilstationen jeweils eine mobilstationsspezifische Trägerfrequenzabweichung aufgetragen. Die betrachtete erste Basisstation BTS1 empfängt im Uplink UL von den Mobilstationen T21, T22, T12, T13, T11, T31 und T32 gesendete Signale und bestimmt daraus einen Synchronisationswert  $d_1$ , der hier beispielhaft als Mittelwert durch ein schraffiertes Rechteck dargestellt ist. Die Basisstation 15 BTS1 korrigiert ihre Synchronisation entsprechend in Richtung des positiven Synchronisationswerts  $d_1$ . Für die weiteren Basisstationen BTS2 und BTS3 gilt entsprechendes.

Vergleichbar dazu erfolgt die hier nicht näher beschriebene 20 Synchronisation der jeweiligen Mobilstationen.

Verwendet man beim oben genannten zellularen Funkkommunikationssystem einzeln oder in Kombination miteinander ein TDMA-/FDMA-Vielfachzugriffsverfahren und betrachtet man zur Übertragung einen sogenannten Time-Division-Duplex-Übertragungsmodus (TDD-Mode), so besteht ein an der Basisstation empfangenes Signal  $r(t)$  aus einer Überlagerung von mehreren Signalen der im FDMA-Vielfachzugriffsverfahren gleichzeitig sendenden Mobilstationen aller Funkzellen.

30

Jede Basisstation ermittelt aus dem empfangenen Signal  $r(t)$  den mittleren Empfangszeitpunkt überlagerter OFDM-Symbole der in den benachbarten Funkzellen befindlichen Mobilstationen.

Mit Hilfe einer Korrelation von benachbarten, im Abstand einer OFDM-Symbollänge N angeordneten Abtastwerte entsteht für einen Abtastwert k eine Metrik  $\lambda(k)$ , deren Werte auch im Fall 5 eines FDMA-Uplinks mit der OFDM-Symbollänge N periodische Werte aufweist.

Es gilt:

$$\lambda(k) = \sum_{m=0}^{M-1} r(k+m)r^*(k+m+N)$$

10 Dabei steht M für eine Fensterlänge, über die Metrikwerte zum Zwecke der Rauschreduktion gemittelt werden. Diese ist in der Regel identisch mit der Länge eines sogenannten "Guard-Intervalls". Unter Umständen wird eine abweichende Länge eines Abstands N von korrelierten Werten und der Fensterlänge M 15 zur Verbesserung von Detektionseigenschaften gewählt.

Der Betragswert der Metrik  $|\lambda(k)|$  nimmt an der Stelle der mittleren Zeitabweichung der Signalanteile der Mobilstationen an einer jeweiligen Basisstation einen Wert an, der proportional 20 zur Summenleistung der Signale der aus dieser Zelle empfangenen Mobilstationen ist. Aus diesem Grund wird der maximale Betragswert der Metrik  $|\lambda(k)|$  nach Berechnung der Metrikwerte gesucht und die Stelle des maximalen Betragswertes als Schätzwert für den Zeitoffset der jeweiligen Basisstation 25 weiterverwendet. Die Metrikwerte sind im Fall einer verbleibenden restlichen Trägerfrequenzabweichung komplex, weshalb aus der im Metrikmaximum gemessenen Phase für kleine Werte der Trägerfrequenzabweichung eine Näherung der mittleren Trägerfrequenzabweichung der im OFDM-Symbol empfangenen 30 Signale ermittelt werden kann.

15

Vorteilhaft wird zur Trennung der FDMA-Signale verschiedener Mobilstationen eine Auswertung des empfangenen Signals im Frequenzbereich vorgenommen, da diese verschiedenen Subträgern zugeordnet sind. Die jeweilige Trägerfrequenzabweichung 5 wird in diesem Fall aus einer Phasendrehung der auf jedem Subträger empfangenen OFDM-Symbole erfolgen.

Die Frequenzabweichung einer Teilträgerfrequenz  $\delta f(k)$  ergibt sich dabei aus der Phasenänderung der Übertragungsfaktoren 10  $H(n,k)$  einer Teilträgerfrequenz  $k$  zwischen zwei aufeinanderfolgenden OFDM Symbolen mit Zeitindex  $n$  und  $n+1$  im zeitlichen Abstand  $T_s$ . Es gilt somit:

$$\delta f(k) = \frac{1}{2\pi} \angle \left\{ \frac{H(n+1,k)}{H(n,k)} \right\} \frac{1}{T_s}$$

Aus den nach der Schätzung im Frequenzbereich vorliegenden 15 Werten der Trägerfrequenzabweichung der benachbarten Funkzellen wird nach einer Bewertung entsprechend der Qualität der Schätzung eine beispielsweise mittlere Trägerfrequenzabweichung der aus den Nachbarfunkzellen empfangenen Mobilstationen bestimmt.

20

Die Ermittlung der jeweilige Zeitabweichung wird aus der Phasendrehung zwischen den Subträgern eines empfangenen OFDM-Symbols von einer der gleichen Basisstation zugeordneten Mobilstation erfolgen. Aus den nach der Schätzung im Frequenz- 25 bereich vorliegenden Werten der Zeitabweichung wird nach einer Bewertung entsprechend der Qualität der Schätzung eine beispielsweise mittlere Zeitabweichung der aus den Nachbarfunkzellen empfangenen Mobilstationen bestimmt.

16

Mit Hilfe der ermittelten Zeit- und Trägerfrequenzabweichung regelt jede Basisstation die jeweilige eigene Trägerfrequenz sowie den eigenen Sendezeitpunkt entsprechend den ermittelten Werten nach. Bei einem geeigneten Entwurf eines Regelkreis-  
5 Schleifenfilters führt dieser Vorgang automatisch zu einer konvergierenden Schätzung.

Für das erfindungsgemäße zweite Synchronisationsverfahren sind für eine neu hinzukommende Basisstation in einem TDD-  
10 Funkkommunikationssystem folgende Schritte erforderlich:

- Abhören von Uplink und Downlink zur Feststellung eines TDD-Rahmenaufbaus,
- Bestimmung des absoluten Sendezeitpunkts aller gemessener Empfangszeitpunkte, und
- 15 - Auswertung der Signale nach dem oben genannten Muster.

Jede Basisstation bestimmt in jeder Uplink-Phase Nutzleistungen der in der Funkzelle aktiven Mobilstationen und die aus den benachbarten Funkzellen stammenden Gleichkanal-  
20 Interferenzleistungen je Subträger.

Auf Basis dieser Informationen trifft jede Basisstation eine selbstständige Entscheidung über eine zu belegende Bandbreite. Es werden diejenigen Subträger mit einer minimalen Inter-  
25 ferenzleistung ausgewählt. Die Basisstation trifft dabei in Abhängigkeit einer erreichbaren Kanalgüte eine adaptive Entscheidung über Position und Anzahl der zu belegenden Subträger und der zu verwendenden physikalische Übertragungsparameter, um die innerhalb der Funkzelle befindlichen Mobilstationen optimal versorgen zu können. Eine zellübergreifende Orga-  
30 nisation ist nicht erforderlich.

Diese Art des Vielfachzugriffs vermeidet Interferenzen innerhalb einer Funkzelle und zwischen Mobilstationen benachbarter Funkzellen. Es wird eine Funkzellen übergreifende, selbstorganisierende Optimierung eines verwendeten Vielfachzugriffsverfahrens durchgeführt. Diese erfolgt unter Berücksichtigung der Funkübertragungskanaleigenschaften und unter Berücksichtigung der augenblicklichen Interferenzsituation in einer zellularen Umgebung.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation eines in Funkzellen aufgeteilten Funkkommunikationssystems, bei dem mittels Zeitschlitzvielfachzugriffsverfahren Daten übertragen werden und bei dem jede Funkzelle eine Basisstation zur Funkversorgung mehrerer der Funkzelle zugeordneter Mobilstationen aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet,**
  - 10 - dass eine Basisstation neben Mobilstationssignalen der eigenen Funkzelle auch Mobilstationssignale aus benachbarten Funkzellen empfängt,
  - dass die Basisstation anhand der Mobilstationssignale eine Mobilstationsanzahl bestimmt und diese mit mindestens einem vorgegebenen Schwellwert vergleicht,
  - 15 - dass bei einem Unterschreiten von mindestens einem Schwellwert ein erstes Synchronisationsverfahren zur Synchronisation der Basisstation und der zugeordneten Mobilstationen verwendet wird, das einem zugeordneten Übertragungsstandard des Funkkommunikationssystems entspricht, und
  - dass bei einem Überschreiten von mindestens einem Schwellwert ein zweites Synchronisationsverfahren zur Synchronisation der Basisstation und der zugeordneten 20 Mobilstationen verwendet wird, das auf eine regelmäßige Übertragung von Synchronisationsinformationen zwischen Basisstation und Mobilstation verzichtet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
  - 30 - dass beim zweiten Synchronisationsverfahren eine Basisstation aus den empfangenen Mobilstationssignalen einen Zeitsynchronisationswert und einen Frequenzsynchronisa-

19

tionswert bestimmt, auf die sich die Basisstation synchronisiert,

- dass beim zweiten Synchronisationsverfahren eine Mobilstation neben Basisstationssignalen der eigenen Funkzelle auch Basisstationssignale aus benachbarten Funkzellen empfängt,
- dass beim zweiten Synchronisationsverfahren die Mobilstation aus den empfangenen Basisstationssignalen einen Zeitsynchronisationswert und einen Frequenzsynchronisationswert bestimmt, auf die sich die Mobilstation synchronisiert, und
- dass Basisstationen benachbarter Funkzellen Funkübertragungsressourcen eines Vorrats verwenden, der den Basisstationen zur Datenübertragung gemeinsam zugeordnet ist.

15

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass beim zweiten Synchronisationsverfahren die Basisstationen Zeitschlüsse von gemeinsam zugeordneten Trägerfrequenzen als Funkübertragungsressourcen verwenden.

20

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim zweiten Synchronisationsverfahren mindestens zwei benachbarte Basisstationen (BTS1, BTS3) gleichzeitig und gemeinsam einen Zeitschlitz (TS5) einer Trägerfrequenz ( $f_5$ ) zur Funkversorgung einer jeweils zugeordneten Mobilstation (T14, T32) verwenden und der Zeitschlitz (TS5) unter Berücksichtigung einer Interferenzsituation im Zeitschlitz (TS5) aus den gemeinsam zugeordneten Funkübertragungsressourcen ausgewählt wird.

25

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim zweiten Synchronisationsverfahren sowohl die Basisstation als auch die Mobilstation

30

20

teilnehmerspezifisch verwendete Trägerfrequenzen und Zeitschlitz-Sendezeitpunkte nachregelt.

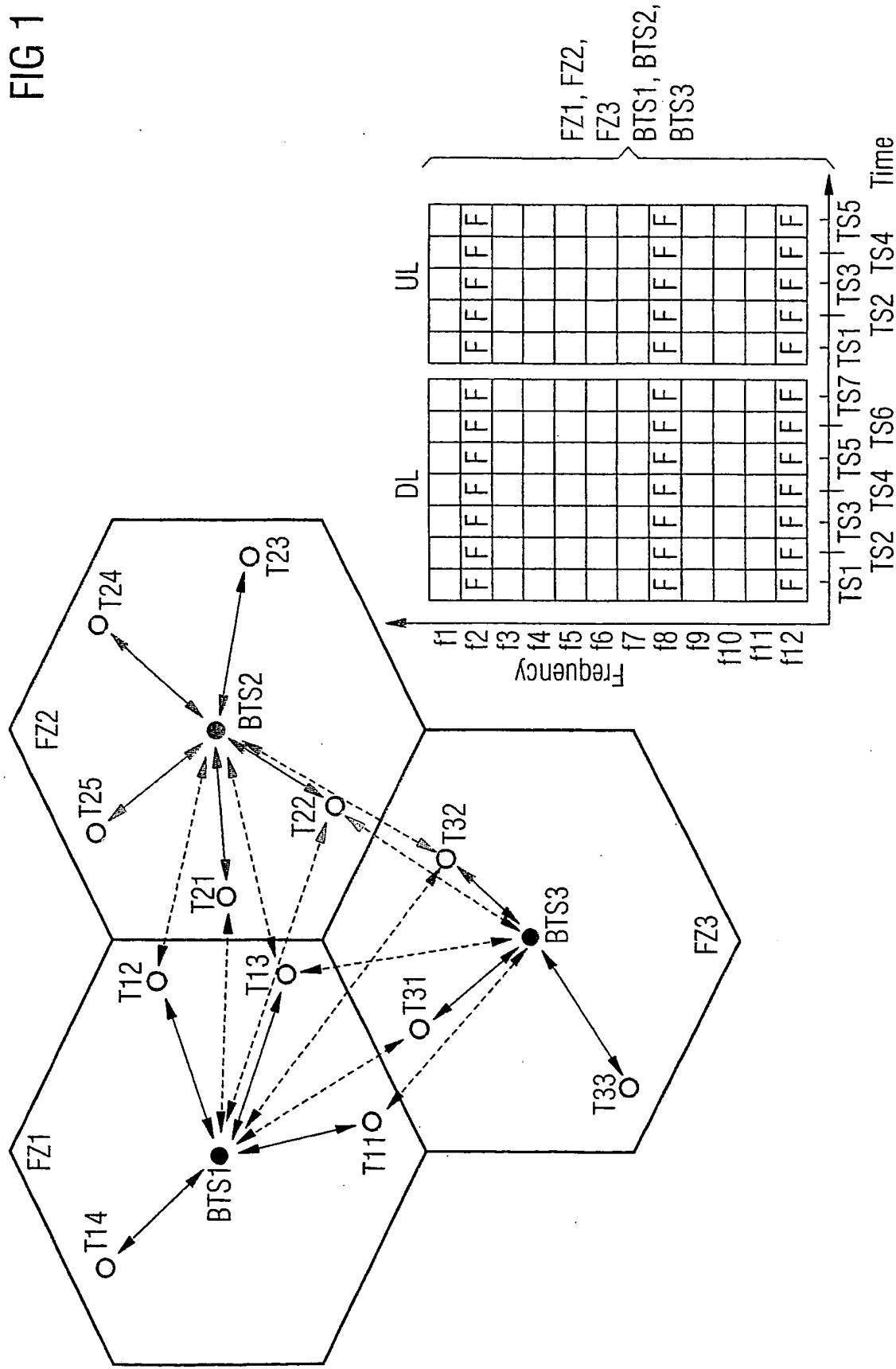
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der Basisstation und/oder an der Mobilstation Gleichkanalstörungen mittels Interferenzunterdrückungsverfahren minimiert werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass basisstationsseitig Funkübertragungsressourcen derart zugeordnet werden, dass Gleichkanalstörungen bei benachbarten Funkzellen minimiert werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Funkkommunikationssystem ein OFDM-Funkübertragungsverfahren verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Funkkommunikationssystem ein TDD- oder ein FDD-Funkübertragungsverfahren verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim zweiten Synchronisationsverfahren eine Zeitabweichung durch Korrelation bestimmt wird und eine Frequenzabweichung durch Ermittlung einer Phasenrotation aufeinanderfolgender Symbole nach einer Transformation in den Frequenzbereich bestimmt wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Synchronisationsverfahren ohne zusätzliche Signalisierung mittels einer höhe-

21

ren Protokollsicht zwischen Basisstation und zugeordneter Mobilstation durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-  
5 durch gekennzeichnet, dass die Auswahl des Synchronisati-  
onsverfahrens mittels einer durch einen Schwellwertbe-  
reich festgelegten zeitabhängigen Hysterese-Funktion  
durchgeführt wird.

FIG 1



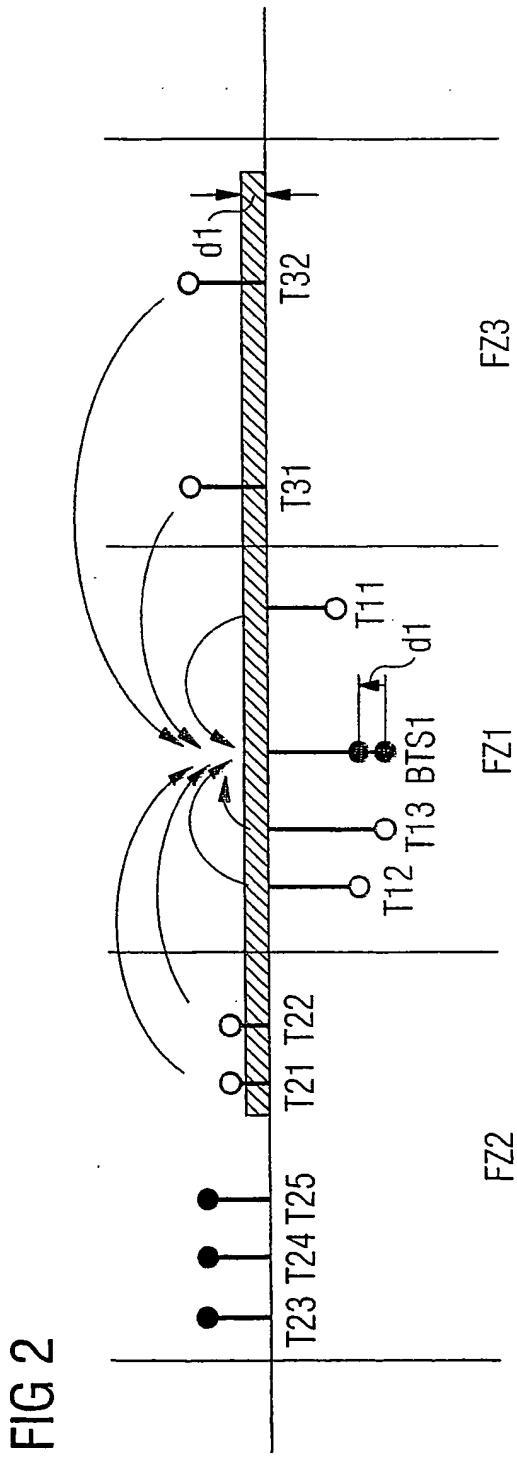
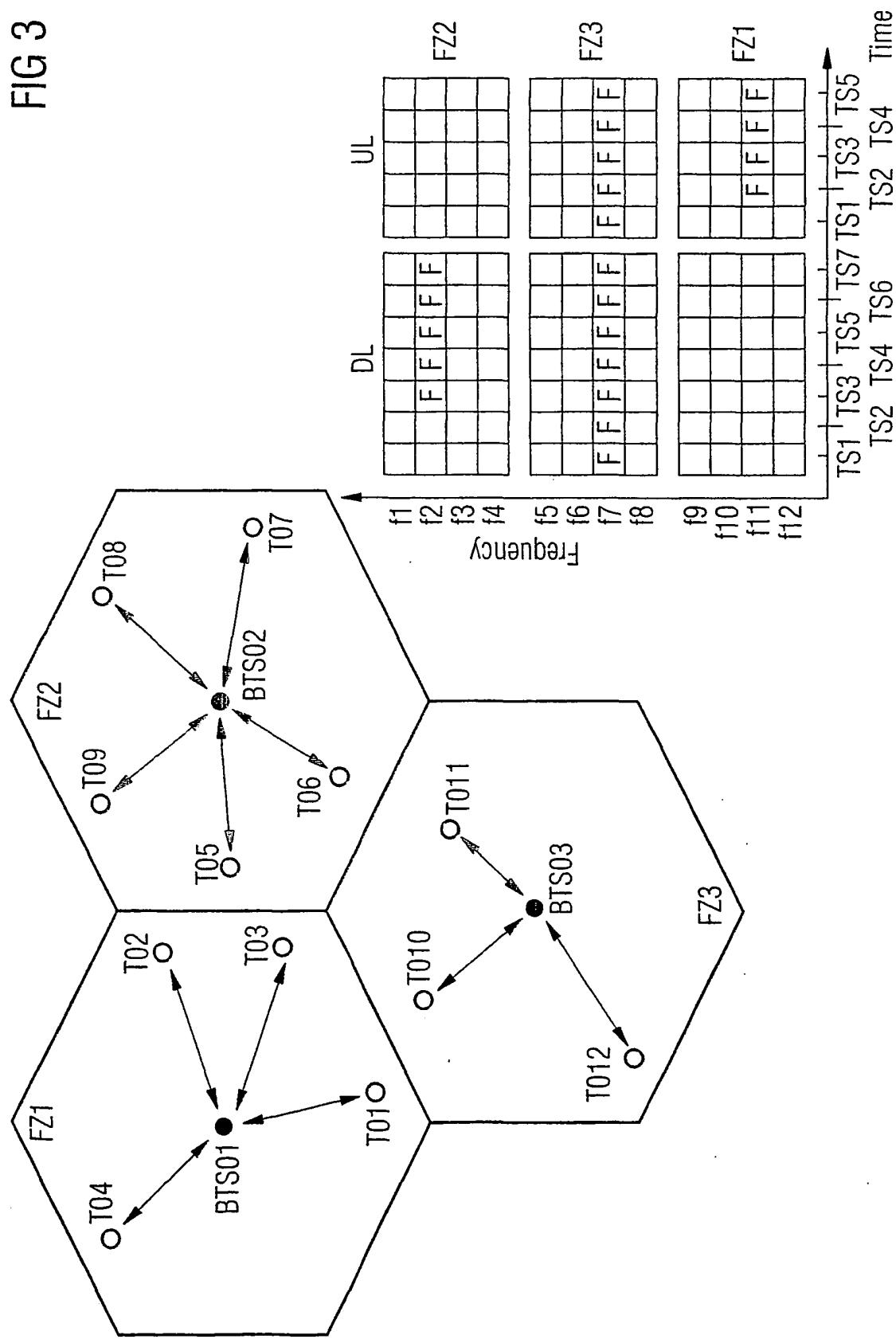
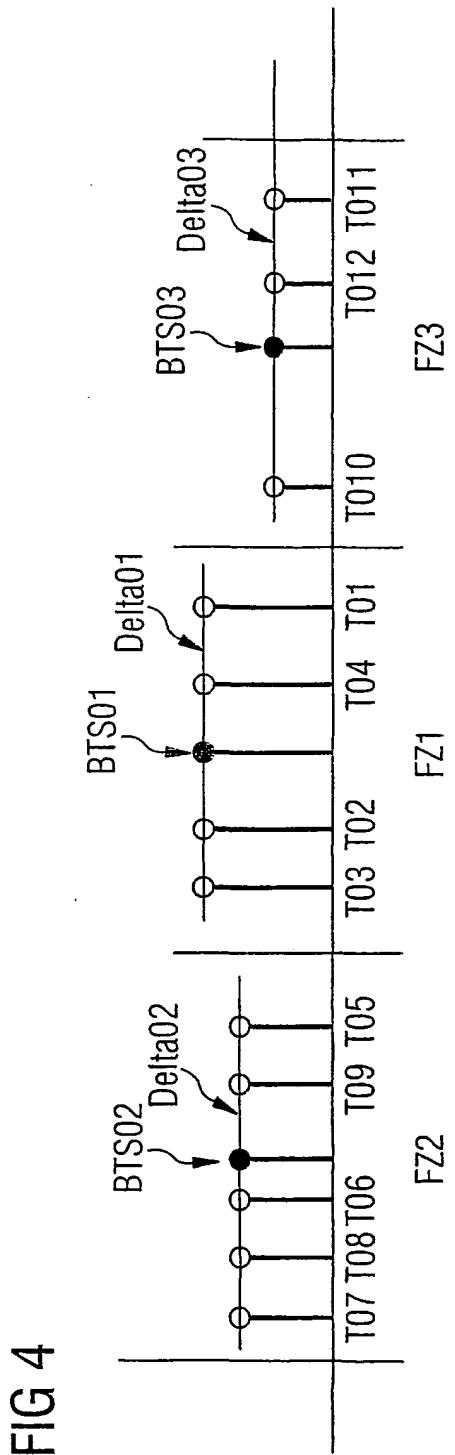


FIG 2

FIG 3





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/051269A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H04B7/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 872 774 A (TIEDEMANN JR EDWARD G ET AL) 16 February 1999 (1999-02-16) column 1, line 6 - line 12 column 3, line 49 - line 54 column 4, line 3 - line 11 column 5, line 19 - line 23 figures 1-3	1-12
Y	WO 00/35117 A (QUALCOMM INC) 15 June 2000 (2000-06-15) page 6, line 30 - page 7, line 17	1-12
A	WO 01/20818 A (QUALCOMM INC) 22 March 2001 (2001-03-22) abstract	1-12

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

5 November 2004

12/11/2004

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bodin, C-M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/051269

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 5872774	A	16-02-1999	AU 741092 B2 AU 9491498 A BR 9812471 A CA 2302404 A1 CN 1130032 B EP 1016225 A2 HU 0003640 A2 ID 25527 A JP 2001517892 T NO 20001424 A NZ 503071 A PL 339458 A1 RU 2231224 C2 TW 444475 B US 6307840 B1 WO 9916183 A2 US 6151311 A US 2001022779 A1		22-11-2001 12-04-1999 19-09-2000 01-04-1999 03-12-2003 05-07-2000 28-02-2001 12-10-2000 09-10-2001 15-05-2000 29-06-2001 18-12-2000 20-06-2004 01-07-2001 23-10-2001 01-04-1999 21-11-2000 20-09-2001
WO 0035117	A	15-06-2000	US 6590881 B1 AU 769109 B2 AU 3109900 A BR 9915925 A CA 2353453 A1 CN 1419752 T EP 1135875 A2 ID 30444 A JP 2002532946 T NO 20012709 A WO 0035117 A2 US 2003174666 A1		08-07-2003 15-01-2004 26-06-2000 09-07-2002 15-06-2000 21-05-2003 26-09-2001 06-12-2001 02-10-2002 30-07-2001 15-06-2000 18-09-2003
WO 0120818	A	22-03-2001	AU 7586500 A BR 0014021 A CN 1375138 T EP 1212852 A1 JP 2003509953 T TW 545005 B WO 0120818 A1		17-04-2001 02-07-2002 16-10-2002 12-06-2002 11-03-2003 01-08-2003 22-03-2001

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/051269

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04B7/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 872 774 A (TIEDEMANN JR EDWARD G ET AL) 16. Februar 1999 (1999-02-16) Spalte 1, Zeile 6 - Zeile 12 Spalte 3, Zeile 49 - Zeile 54 Spalte 4, Zeile 3 - Zeile 11 Spalte 5, Zeile 19 - Zeile 23 Abbildungen 1-3	1-12
Y	WO 00/35117 A (QUALCOMM INC) 15. Juni 2000 (2000-06-15) Seite 6, Zeile 30 - Seite 7, Zeile 17	1-12
A	WO 01/20818 A (QUALCOMM INC) 22. März 2001 (2001-03-22) Zusammenfassung	1-12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
 "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist  
 "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  
 "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)  
 "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht  
 "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist  
 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden  
 "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist  
 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. November 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bodin, C-M

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/051269

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5872774	A	16-02-1999	AU	741092 B2		22-11-2001
			AU	9491498 A		12-04-1999
			BR	9812471 A		19-09-2000
			CA	2302404 A1		01-04-1999
			CN	1130032 B		03-12-2003
			EP	1016225 A2		05-07-2000
			HU	0003640 A2		28-02-2001
			ID	25527 A		12-10-2000
			JP	2001517892 T		09-10-2001
			NO	20001424 A		15-05-2000
			NZ	503071 A		29-06-2001
			PL	339458 A1		18-12-2000
			RU	2231224 C2		20-06-2004
			TW	444475 B		01-07-2001
			US	6307840 B1		23-10-2001
			WO	9916183 A2		01-04-1999
			US	6151311 A		21-11-2000
			US	2001022779 A1		20-09-2001
WO 0035117	A	15-06-2000	US	6590881 B1		08-07-2003
			AU	769109 B2		15-01-2004
			AU	3109900 A		26-06-2000
			BR	9915925 A		09-07-2002
			CA	2353453 A1		15-06-2000
			CN	1419752 T		21-05-2003
			EP	1135875 A2		26-09-2001
			ID	30444 A		06-12-2001
			JP	2002532946 T		02-10-2002
			NO	20012709 A		30-07-2001
			WO	0035117 A2		15-06-2000
			US	2003174666 A1		18-09-2003
WO 0120818	A	22-03-2001	AU	7586500 A		17-04-2001
			BR	0014021 A		02-07-2002
			CN	1375138 T		16-10-2002
			EP	1212852 A1		12-06-2002
			JP	2003509953 T		11-03-2003
			TW	545005 B		01-08-2003
			WO	0120818 A1		22-03-2001